

PAT-NO: JP404264409A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04264409 A

TITLE: OPTICAL COUPLING CIRCUIT

PUBN-DATE: September 21, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YOSHINO, KAORU

IKEDA, MASAHIRO

HANABUSA, HIROAKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> N/A

APPL-NO: JP03024858

APPL-DATE: February 19, 1991

INT-CL (IPC): G02B006/26, G02B006/30 , G02B006/32

US-CL-CURRENT: 385/15

ABSTRACT:

**PURPOSE:** To provide the optical coupling circuit which suppress reflection on the light incidence/projection end surface of an optical circuit and is suitably integrated and increased in tolerance to the shift of an optical axis.

**CONSTITUTION:** The optical coupling circuit which couples an optical waveguide 2 formed on a semiconductor substrate 1 optically with a single-mode optical fiber 3 is provided with a mirror surface 6, which reflects signal light in the thickness direction of the semiconductor substrate 1, at the light incidence/ projection part of the optical waveguide 2 and also provided with a convex lens part 7 at the reverse surface side of the semiconductor substrate 1, and the beam spot of said optical fiber 3 is expanded.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-264409

(43) 公開日 平成4年(1992)9月21日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/26	7132-2K		
	6/30	7132-2K		
	6/32	7132-2K		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 5 頁)

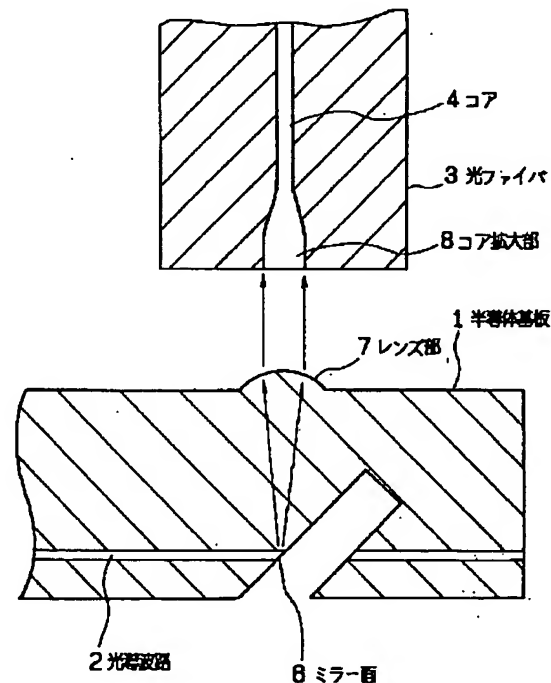
(21) 出願番号	特願平3-24858	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22) 出願日	平成3年(1991)2月19日	(72) 発明者	吉野 薫 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	池田 正宏 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	花房 広明 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 吉田 精孝

(54) 【発明の名称】 光学結合回路

(57) 【要約】

【目的】 光回路の入出射端面における反射を抑え、かつ、集積化に適し光軸ずれのトレランスを拡大した光学結合回路を提供する。

【構成】 半導体基板1上に作製された光導波路2と単一モード光ファイバ3とを光学的に結合する光学結合回路において、前記光導波路2の入出射部に、信号光を前記半導体基板1の厚み方向に反射させるミラー面6を設けるとともに、該半導体基板1の裏面側に凸形状のレンズ部7を設け、かつ、前記光ファイバ3のビームスポットを拡大した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に作製された光導波路と単一モード光ファイバとを光学的に結合する光学結合回路において、前記光導波路の入出射部に、信号光を前記半導体基板の厚み方向に反射させるミラー面を設けるとともに、該半導体基板の裏面側に凸形状のレンズを設け、かつ、前記光ファイバのビームスポットを拡大したことを特徴とする光学結合回路。

【請求項2】 ミラー面の直前に光導波構造をなくした領域、もしくは光の閉じ込めを弱くした領域を設けたことを特徴とする請求項1記載の光学結合回路。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信・光センサ等に用いられる光集積回路を光ファイバと結合させてなる光集積回路モジュールを製造するための光学結合回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図2の(a)は従来の半導体導波路用の光学結合回路の構成図であり、1は半導体基板、2は光導波路、3は光ファイバ、4は光ファイバのコア、5は先球レンズ加工部分である。

【0003】この回路では、導波路端面を劈開して光信号を出し、先球レンズ加工部5を有する光ファイバ3で光学結合する。この結合系では半導体基板1の光導波路2のビームスポットが小さいために光ファイバ3の光軸ずれ許容量(トレランス)が非常に小さく、安定にモジュール化することが困難であった。

【0004】実用上最も重要な単一モード導波路に対する光学結合系のトレランスはガウシアンビーム同士の結合と近似することにより簡単に評価できる。例えば通常最も厳しい光軸垂直方向にxの軸ずれがある時、ビームスポット半径： $\omega$ のガウシアンビームの結合効率： $\eta \propto \exp(-x^2/\omega^2)$ と表される(参考文献：猿渡、綱田"Semiconductor Laser to single-mode fiber coupler", Applied Optics, vol. 18, NO. 11, pp. 1847-1856)。この式より1dB損失増加時のトレランス： $x_{1dB} \approx 0.48\omega$ の関係が導かれる。即ちトレランスは $\omega$ に比例する。なおビームスポット半径はビーム強度が中心の $1/e^2$ になる所の半径として定義している。

【0005】一般的な半導体単一モード導波路では $\omega = 1 \sim 2 \mu m$ であるから1dBトレランスは $1 \mu m$ 以下となる。これは通常の部品の機械加工精度が $10 \mu m$ 程度であることを考えると大変厳しい。特に半導体光集積回路では複数の光入出力端子が数 $100 \mu m$ 程度の微小間隔に配置される。この場合複数本のファイバを精度良く配置することは非常に難しいので結合効率の高いモジュールを作することは非常に困難であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この問題を解決する方

法として、半導体基板側に集光レンズ系を設けてトレランスを広げる光学結合回路があった。図2の(b)にその基本構成を示す。1~4は図2の(a)の構成部と同様であり、6は半導体基板1に設けた $45^\circ$ ミラー面、7は半導体基板1に形成されたレンズ部である。この結合回路では光導波路2の入出力部に $45^\circ$ ミラー面6を設け、基板厚み方向に光信号を伝搬させてビーム径を広げた後、基板裏面に設けたレンズ部7で集光して光ファイバ3に結合する。これによってビームスポット径は光ファイバ3のスポット径まで広げられるので先の式で分かるとおりトレランスを緩和することが可能となる。

(通常の通信用ファイバでは $\omega = 5 \mu m$ なので最大 $x_{1dB} \approx 2.4 \mu m$ となる。)しかし光ファイバをアレイ化することを考えた場合、トレランスをさらに拡大する必要があった。

【0007】また素子製造の上でもミラー面の面精度はビームスポットに対して十分に平坦であることが必要なので、 $\omega = 1 \mu m$ の場合ミラー面6は $0.1 \mu m$ オーダーの高い加工精度が必要となる。この精度は現在のエッチング技術の限界に近いものであり製造歩留まり向上のネックとなっていた。

【0008】本発明の目的は光回路の入出射端面における反射を抑え、かつ、集積化に適し光軸ずれのトレランスを拡大した光学結合回路を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、請求項1では半導体基板上に作製された光導波路と単一モード光ファイバとを光学的に結合する光学結合回路において、前記光導波路の入出射部に、信号光を前記半導体基板の厚み方向に反射させるミラー面を設けるとともに、該半導体基板の裏面側に凸形状のレンズを設け、かつ、前記光ファイバのビームスポットを拡大した。また、請求項2では請求項1の光結合回路において、ミラー面の直前に光導波構造をなくした領域、もしくは光の閉じ込めを非常に弱くした領域を設けた。

【0010】

【作用】請求項1によれば、光導波路の入出射部から出射した信号光はミラー面により基板厚み方向に伝搬されてビーム径を広げた後、レンズ部で集光して光ファイバに結合されるが、光ファイバのビームスポット径が拡大されているため、光ファイバの軸ずれトレランスが緩和される。請求項2によれば、ミラー面の直前で光導波路の入出射部から出射した信号光のビーム径が広がるので、ミラー面の加工精度が緩くなる。

【0011】

【実施例】図1は第1の実施例を説明する図であって、符号1~7は図2の(b)と同一構成部分を示す。8は光ファイバ3のコア拡大部である。これは半導体回路側は図2の(b)と同じ構成で、光ファイバ3のコア4を熱拡散によって拡大したものを用い、レンズ部7の形状

3

を半導体基板1の基板厚と光ファイバ3の拡大したスポット径に合わせ最適化したものである。

【0012】ここでコア径とビームスポット径の違いについて説明しておく、コア径とはファイバ内部の屈折率が高くなっている部分の大きさであって光ファイバの屈折率分布により一義的に定まる。一方ビームスポット径は光ファイバ内を伝搬する光線の広がりを示すもので、これは同じ光ファイバでも波長によって変化し、短波長になるにつれ小さくなる。その値はコア径と屈折率分布によって変わるが、一般的にいってコアが大きくなるにつれてスポット径も大きくなる方向にある。本実施例によれば従来技術の項で述べたようにビームスポット径に比例してファイバの軸ずれトレランスが緩和される。

【0013】ただしスポット径を拡大すると角度ずれに対するトレランスが厳しくなるので極端な拡大は望ましくない。角度ずれの影響も軸ずれの時と同様ガウシアンビーム近似で計算でき、角度ずれ： $\theta$ に対する結合効率： $\eta \propto \exp(-\pi^2 \theta^2 \omega^2 / \lambda^2)$ となる。この式より $\omega = 5 \mu\text{m}$ では1dB損失増をおこす角度ずれ： $\theta_{1\text{dB}} = 2.2^\circ$  ( $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ )であるが、 $\omega = 20 \mu\text{m}$ では $\theta_{1\text{dB}} = 0.55^\circ$ になる。実用上はこれ位が限界と考えられる。

【0014】なおコア拡大ファイバはガスバーナーで裸のファイバを直接加熱することで容易に製造でき、一度条件(温度、加熱時間等)を押さえおけばスポット径を再現性よく制御することが可能である。

【0015】図3は第2の実施例を説明する図であって、1~8は図1と同様の構成部分を示す。9は光導波構造をなくした部分である。

【0016】本回路の作製手順を図4に従って説明する。

【0017】(a) まず、ダブルヘテロ半導体基板1の一面の所定部にレジスト10を施こし、光導波路2の部分を残してエッチング(11)し、(b) 再成長プロセスでエッチング部11すなわち導波路側面と入射部分を含め込んだ後、レジスト12、13を塗布し、ミラー部をパターニングし、(c) イオンビームエッチングでミラー面6を形成し、基板裏面にレジスト14を塗布しレンズ部分をパターニングした後、(d) 熱処理によってレジスト14を凸状に変形させ(15)、アルゴンイオンビームエッチングすると基板とレジストのエッチングレートに従って基板に凸レンズ7が形成できる。

【0018】このような作製工程で、レジスト厚とエッチング条件を調整することで最終的なレンズの曲率半径を可変する事ができ、基板厚と光ファイバのスポット径に応じた最適の値にできる。

【0019】本回路では光導波構造をなくした部分9を設けたことにより、ミラー面6においてビーム径が広がるので相対的に加工精度が緩くでき製造が楽になってい

4

る。ミラー面6でのビーム半径： $\omega_1$ は導波路内のビームスポット半径： $\omega_0$ 、導波路内での信号光波長： $\lambda$ 部分9の長さをL、とすると $\omega_1 \approx L \lambda / \pi \omega_0$ で表される。ここで $\omega_0 = 1 \mu\text{m}$ 、 $\lambda = 1.3 / 3.2 \mu\text{m}$ 、 $L = 25 \mu\text{m}$ とすれば、 $\omega_1 \approx 3 \mu\text{m}$ になるのでミラー面6に対する加工精度も相対的に緩くできることになる。ミラー面6の加工不良の影響は主にミラー面6からの反射戻り光として現れ、光回路の動作の不安定化を招く。本発明では同じ加工手段を用いても従来より安定な動作をする光回路が作製できた。

【0020】図5は第3の実施例を説明する図であって、1~9は図3と同様の部分を示す。

【0021】10は多モードGIファイバ、11はそのコアである。これは半導体回路側は第2の実施例と同じ構成で、光ファイバの先端に短尺の多モードGIファイバを接続したものである。

【0022】単一モード光ファイバ1にGI光ファイバ10を接続するとGI光ファイバ長に対して周期的にビーム径が変化する。その最大値： $\omega = \lambda r_0 / \pi \omega_0$  NAで表される。ここで $\lambda$ ：光波長( $1.3 \mu\text{m}$ )、 $r_0$ ：GI光ファイバコア半径( $25 \mu\text{m}$ )、 $\omega_0$ ：単一モード光ファイバ1のスポット半径( $5 \mu\text{m}$ )、NA：GI光ファイバの開口数(0.2)である。かつこ内は通信用ファイバの代表的な値であり、この値を上式に代入すると $\omega = 10 \mu\text{m}$ となってスポットが倍に広がる事が分かる。 $\omega = 10 \mu\text{m}$ を変えることによって広範囲に制御可能である。

【0023】本実施例では実施例1、2に比べ部品点数は増えるが一括加工できるので量産化しやすい利点がある。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1、2によれば、次のような利点がある。

(1) トレランスを通常のファイバを用いた場合より緩和できるのでファイバのアレイ化、素子の集積化にも有利になる。

【0025】(2) アレイ化しない場合においてもモジュール製造時の製造歩留まり向上が期待できる。

【0026】(3) ミラー面の加工精度を緩くできるので加工が楽になる。

【0027】(4) また本光回路は主にモノリシックプロセスによって作製されるので精度・再現性良く生産が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例を説明する光学結合回路の構成図

【図2】従来の光学結合回路の構成図

【図3】第2の実施例を説明する光学結合回路の構成図

【図4】第2の実施例の半導体光素子製造手順の説明図

【図5】第3の実施例を説明する光学結合回路の構成図

【符号の説明】

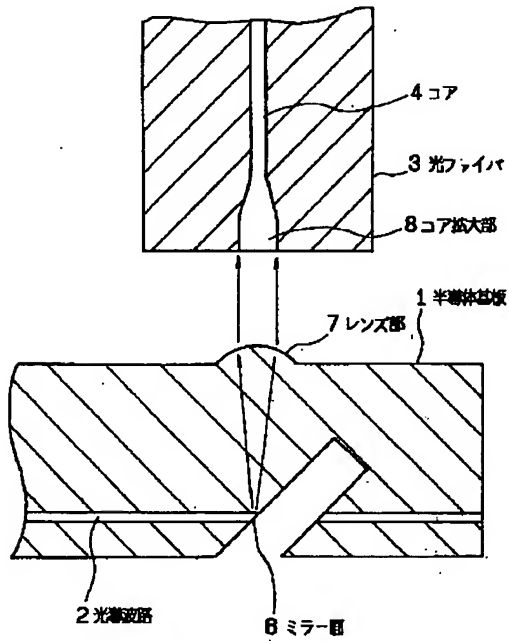
(4)

特開平4-264409

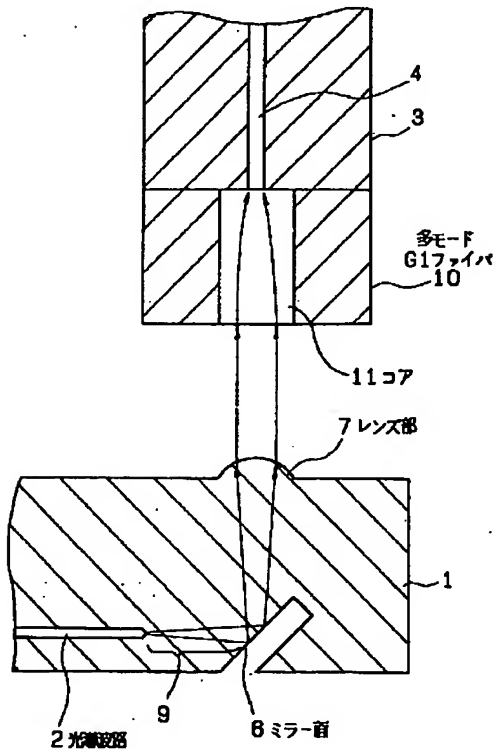
5  
1…半導体基板、2…光導波路、3…単一モード光ファイバ、4…単一モード光ファイバのコア、5…先球レンズ加工部分、6…45°ミラー面、7…レンズ部、8…

6  
コア拡大部分、9…光導波構造をなくした部分、10…多モードGIファイバ、11…GIファイバのコア。

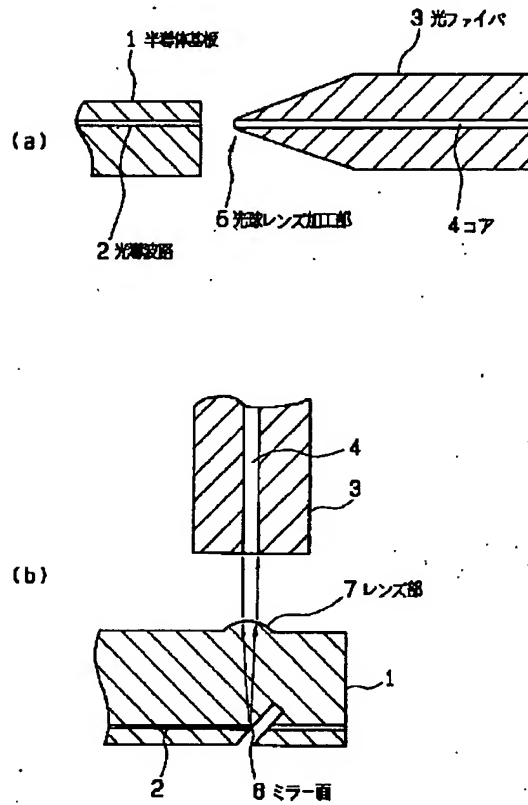
【図1】



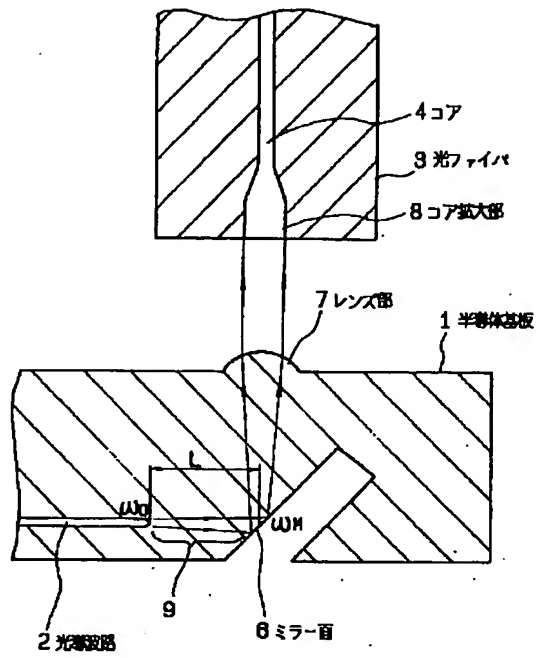
【図5】



【図2】



【図3】



【図4】

